

# RISTIKYTKENTÄJÄRJESTELMÄN KEHITYS

Matti Sillanpää

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2010

Automaatiotekniikka  
Tekniikka ja liikenne



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) SILLANPÄÄ, Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 31.05.2010
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Ristikytkentäjärjestelmän kehitys		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) HÄKKINEN, Veli-Matti. RANTAKARI, Samppa		
Toimeksiantaja(t) Vaasa Engineering OY		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Opinnäytetyön aiheena on kehitystehtävä. Opinnäytetyön toimeksiantaja Vaasa Engineering Oy sai tilauksen kahden lämpövoimalaitoksen sähköistämisestä ja automatisoinnista ruotsiin. Tarkoituksena oli toteuttaa asiakkaiden vaatimusten mukaan automaation I/O- jakelu totutun hajautetun järjestelmän sijaan keskitetyllä I/On ristikytkentäjärjestelmällä. Työn tavoitteena oli suunnitella ristikytkentäjärjestelmä mikä on jatkossakin joustava ja helposti muokattavissa. Työssä täytyy huomioida asennus-, kustannus- ja tilatehokkuus.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla annettuihin lähtötietoihin ja vaatimuksiin, näiden tietojen perusteella lähdettiin jalostamaan kehitystyötä. Opinnäytetyöhön liittyi johdotuksen ja komponenttien asennuksien suunnittelu sekä tarvittavien komponenttien valitseminen. Komponentteihin kuului mm. logiikkakohtaisten liityntämoduulien ja valmiskaapelien valinta, opinnäytetyöhön kuului myös riviliitin määrittelyt. Käytettyjen ratkaisujen tuli olla sovellettavissa Siemensin ja ABB:n I/O-liityntöjen kanssa. Riviliitinten valinta oli myös osa koko yhtiö aikomusta vaihtaa valmistajaa.</p> <p>Työn lähtökohdaksi pyrittiin muodostamaan vakio ratkaisu jo käytössä olevaan RITTAL TS 8 kaappijärjestelmään. Johdotus ja komponenttien asennus ongelmiin löytyi ratkaisu alumiini rakenteisesta Lutze LSC- johdotusjärjestelmästä. Tämä parantaa asennusten näköä ja tuo lisää asennustilaa, sillä johdotus tapahtuu järjestelmän ja kaapin takaseinän väliin jäävässä tilassa. Vakio ratkaisusta on helppo muokata ja lähteä suunnittelemaan myös muita projekteja tulevaisuudessa. Opinnäytetyön aikana suunniteltiin ristikytkentäjärjestelmä kahteen eri projektiin kahdella eri automaation järjestelmän toimittajan tuotteilla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Keskitetty I/On ristikytkentäjärjestelmä. Ristikytkentäjärjestelmä. Kehitystyö. Automaatio.		
Muut tiedot		



Author(s) SILLANPÄÄ, Matti	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis <b>Bachelor's thesis</b>	Date 31052010
	Pages 33	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title THE DEVELOPMENT OF THE CROSS-CONNECTION SYSTEM		
Degree Programme Automation Technology		
Tutor(s) HÄKKINEN, Veli-Matti, RANTAKARI Samppa		
Assigned by VAASA ENGINEERING LTD, Thermal Power		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was made to develop the cross-connection system for Vaasa Engineering Oy. Vaasa Engineering received an order to plan automation system for two district heating plants. These plants are being built in Sweden. Buyer wanted the in these plants, not the decentralized automation system that Vaasa Engineering usually uses. The objective of this thesis work was to develop cross-connection system which is flexible and easy to modify in the future. In this work it was important to take account of mounting efficiency, costs and the system had to be space-saving.</p> <p>Necessary information was given from the company to start the project. This work contained finding out wiring problems and what kind of components were needed. These components are terminal blocks, input and output interface modules and cables from modules to automation system. These components have to fit Siemens and ABB automation system. Choosing terminal blocks was part of the company's policy to change terminal block manufacturer.</p> <p>Main point in the beginning was the great standard modules which were based on RITTAL TS 8 cabinets. Lutze LSC- Wiring system helps wiring and installation of the components. This system gives nice look for the cabinets and it also gives more installation space, because the wires go between the cabinet's back wall and wiring system. These modules are easy to modify. During this thesis cross-connection system were planned for two separate projects that used components from two different manufacturers.</p>		
Keywords Cross-Connection System		
Miscellaneous		

## KUVIOT

KUVIO 1. RistikytKentä.....	6
KUVIO 2. Valmis ristikytKentäkaapin osio .....	7
KUVIO 3. Ratkaisumalleja .....	12
KUVIO 4. LSC- Johdotusjärjestelmä. Kuva: Lutze, FINNSÄHKÖ.....	13
KUVIO 5. LSC- Johdotusjärjestelmä.....	14
KUVIO 6. Johdotus.....	14
KUVIO 7. Esimerkkikuva tilan, ajan ja kustannusten säästämisestä. Kuva: Lutze, FINNSÄHKÖ.....	15
KUVIO 8. Katkaistava- kaksikerrosliitin. Kuva: WAGO.....	17
KUVIO 9. I/O Liityntä moduuli. Kuva: PhoenixContact, 2010 .....	18
KUVIO 10. Esimerkkejä valmiskaapeleista.....	18
KUVIO 11. Jäähdytys. Kuva: Rittal Therm, 2009 .....	20
KUVIO 12. Esimerkki pystyasennus mallista.....	22
KUVIO 13. Esimerkki SIEMENS 200 M vaaka-asennuksesta .....	24
KUVIO 14. Perinteinen asennuslevy-malli, HUOM. käytössä myös sivuseinät.....	26
KUVIO 15.LSC- Johdotusjärjestelmä käytössä.....	27

# 1 OPINNÄYTETYÖN AIHE

Ammattikorkeakouluopintojen loppuvaiheessa suoritetaan opinnäytetyö, jossa opiskelija osoittaa perehtymisen oman alansa aihealueeseen. Opinnäytetyö on tutkimustyö, josta opiskelija laatii kirjallisen raportin. Tämä opinnäytetyö tehtiin yritykseen nimeltä Vaasa Engineering Oy. Opinnäytetyön aiheena oli kehittää automaation keskitetty I/O- ristikytkentäjärjestelmä Ruotsiin tulevaan kaukolämpövoimalaan. Keskitetty ristikytkentäjärjestelmä on suunniteltu asiakkaan vaatimuksesta. Työn tavoitteena oli suunnitella ristikytkentäjärjestelmä mikä on jatkossakin joustava ja helposti laajennettavissa, huomioiden asennus-, kustannus- ja tilatehokkuus. Työssä suunniteltiin ristikytkentäjärjestelmä vaihtoehdoksi hajautetulle automaatiolle, ratkaistiin kaappiin liittyvät ongelmat ja johdotus periaatteet sekä valittiin ristikytkennän komponentit.

## 2 KEHITETTÄVÄ RISTIKYTKENTÄJÄRJESTELMÄ

Vaasa Engineering Oy on kokenut lämpövoimalaitosten automaation ja sähköistyksen suunnittelussa ja toimittamisessa. Lämpövoimalaitoksissa tarvitaan runsaasti automaatiota, automaatioissa käytettävä tieto voidaan jakaa hajautetusti kenttäkoteloihin ympäri voimalaitosta tai keskitetysti yhteen automaatiotilaan. Tähän asti lämpövoimalaitokset on tehty hajautetulla- ja keskitetyllä järjestelmällä, mutta varsinaista ristikytkentäjärjestelmää ei ole kehitetty. Tämä keskitetty I/O- ristikytkentäjärjestelmä on suunniteltu vastaamaan asiakkaan tarpeita sekä nyt että tulevaisuudessa. Keskitetyssä I/O:n ristikytkentäjärjestelmässä sijoitetaan koko automaation I/O- järjestelmä sille varattuun huonetilaan ja kaappiin jolloin tilaa automaatiokaapeille tarvitaan automaatio- ja sähkötilassa enemmän kuin hajautetussa järjestelmässä. Hajautetussa järjestelmässä vain pääautomaatiokaappi on sijoitettu automaatiotilaan ja muu automaatio on hajautettu ympäri laitosta kenttäkoteloihin. Ristikytkentäjärjestelmää suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon tilatehokkuus ja helppo laajennusvara. Ristikytkentäjärjestelmää käy-

tetään yleensä isoissa järjestelmissä automaation I/O määrän ollessa iso.

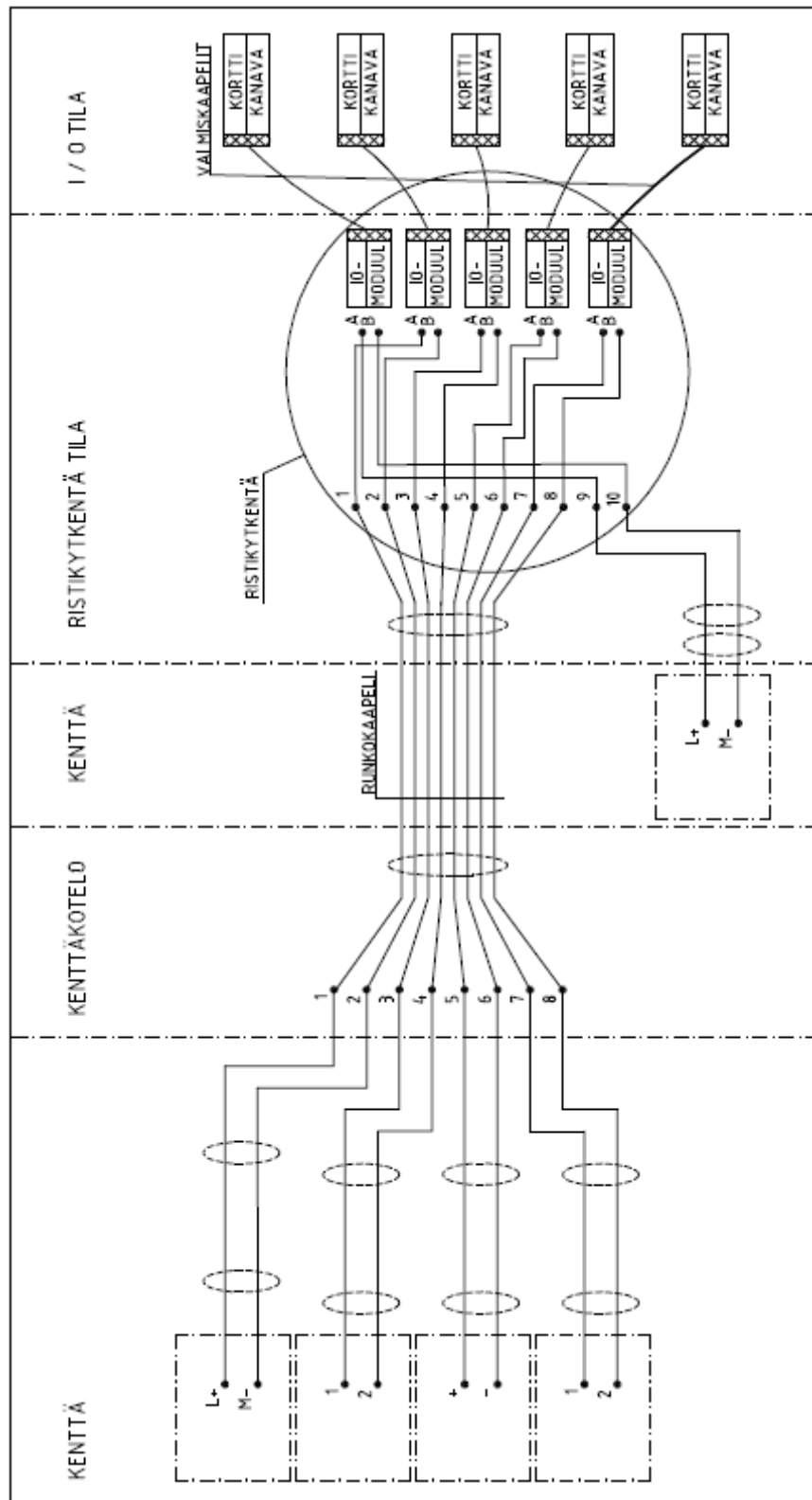
### **3 VAASA ENGINEERING OY**

*Vaasa Engineering Oy kuuluu VEO konserniin joka on yksityisessä omistuksessa oleva kotimainen yhtiö. Vaasa Engineering tarjoaa suunnittelu, kojeisto ja asennuspalveluja energia-alalla toimiville yrityksille ja yhteisöille. Yrityksen ydinsaamisen aluetta ovat automaatio- ja sähköistysratkaisut energian tuotantoon, siirtoon, jakeluun ja käyttöön sekä kotimaassa että vientimarkkinoilla. Vaasa Engineering toimittaa kokonaisprojekteja tai niiden osia sisältäen suunnittelun, hankinnat, projektinjohtamisen, asennukset, käyttöönoton ja koulutuksen. Toimintaan kuuluvat myös laitosten modernisointi, huolto ja kojeistovalmistus. Yhteistyö johtavien laitevalmistajien kanssa mahdollistaa parhaat mahdolliset toimitukset asiakkaidemme tarpeisiin. VEO :lla työskentelee noin 400 henkeä. Vakituista henkilökuntaa on kaikkiaan 4 maassa, Suomen lisäksi Venäjällä, Ruotsissa sekä Norjassa. Suomessa on kaikkiaan 5 toimipistettä, Vaasassa, Oulussa, Seinäjoella, Kuopiossa ja Paimiossa.*

Vaasa Engineering. 2009. Mainosesitys

## 4 RISTIKYTKENTÄ

Keskitetyllä I/O- ristikytkenällä tarkoitetaan kytkentätapaa jossa koko automaation I/O- järjestelmä on sijoitettu yhteen paikkaan, toisin kuin hajautetussa järjestelmässä jolloin automaation logiikat sijoitetaan ympäri voimalaitosta ja vain pääautomaatio sijoitetaan automaatio/sähkötilaan. Varsinainen ristikykentä tapahtuu automaatio-kaapissa, jolloin kentältä tulevat kaapelit kytketään riviliittimille kaapeleittain niille varatuille riviliittimille. Näiden riviliittimien ja IO –moduulien välissä tapahtuu varsinainen ristikykentä. IO –moduuleilta tieto viedään valmiskaapeleilla IO –kortille. Ristikykentä voidaan tehdä myös ilman IO -moduuleja, jolloin riviliittimille tulevat kaapelit kytketään suoraan riviliittimiltä IO -kortille. Ristikykentätilaan tuodaan tieto lähellä sijaitsevilta kenttälaitteilta suoraan yksittäisellä kaapelilla. Kauempana sijaitsevien kenttälaitteiden kaapelit kerätään kenttäkoteloille jossa ne kytketään riviliittimille, näiltä liittimiltä tieto viedään moniparisella runkokaapelilla ristikykentätilaan. Myös eri laitekokonaisuuksien ohjauskoteloilta kuten esim. vedenkäsittelyn ohjaustaululta tieto viedään runkokaapelilla ristikykentätilaan. Kuvassa 1 ristikytken periaate.



KUVIO 1 Ristikytkentä





KUVIO 2 Valmis ristikytöntäkaapin osio

Kuviossa 2 on valmis ristikytöntäjärjestelmän osa. Ylhäällä sijaitsevat IO -kortit, keskellä liityntämoduulit joille liitytään IO -korteilta valmiskaapeleilla sekä alhaalta riviliittimiltä. Riviliittimien sekä liityntämoduulien välillä tapahtuu ristikytöntä.

## 4.1 Kenttälaitte

Kentällä tarkoitetaan koko voimalaitosta ja kenttälaitteella kentällä olevaa laitetta esimerkiksi venttiiliä tai lämpötilanmittausta. Kenttälaitte lähettää tietoa tai kenttälaitteelle annetaan käsky tehdä jotain. Esimerkiksi, putkessa oleva virtausanturi lähettää tietoa liian voimakkaasta virtauksesta, jolloin tieto lähetetään logiikalle. Logiikassa oleva ohjelma tekee tarvittavat säädöt ja lähettää tiedon venttiiliä ohjaavalle toimilaitteelle joka ohjaa putkessa olevaa venttiiliä säätymään pienemmäksi. Virtaus pienenee kunnes anturin ilmoittama arvo on sopiva. Kenttälaitte voi myös sekä lähettää että ottaa vastaan tietoa; venttiiliä ohjaava asennoitin voi lähettää asento-tietoa ja ottaa vastaan ohjaus tiedon jolla venttiiliä ohjataan kuten edellä mainitussa esimerkissä. Yleisimpiä kenttälaitteita ovat erilaiset anturit ja venttiilit. Kenttälaitteet toimivat joko pelkästään sähköllä tai ilmalla ja sähköllä, 24VDC tai 230VAC jännitteellä. Kenttälaitteiden tietoja käsitellään kahdessa muodossa digitaalisena; eli binääri viestinä, tai analogisena virtaviestinä. Binääri viestillä tarkoitetaan 1 ja 0 siis on-off tilaa, virtaviestillä yleisimmin käytetty alue on 4-20mA. Virtaviestiä käytetäänkin yleensä erilaisissa mittauksissa ja säädöissä. Esimerkiksi magneettiventtiiliä ohjataan binäärilähdöllä (DO), siis on-off tila. Mikäli IO -tila on 1, on venttiili auki, tällöin magneettiventtiilille syötetään 24VDC jännite. Mikäli IO -tila on 0, on jännite 0VDC ja venttiili on sulkeutunut. Virtaviestissä voidaan käyttää esimerkkinä lämpötilan mittausta (AI) jolloin virta-alue 4-20mA skaalautuu esimerkiksi alueelle 0-200°C. Ohjelmaan on tehty asetukset tätä mittausta varten jolloin se näyttää käyttäjälle oikean lämpötilan. Esimerkki; vedenlämpötilan ollessa 100°C lähettää anturi 12mA viestin ja ohjelma tulkitsee tämän tarkoittavan 100°C ja ilmoittaa sen käyttäjälle. Nämä viestit ja tiedot ilmoitetaan ns. valvomoon, valvomolla tarkoitetaan tietokoneen näyttöä tai näyttöjä jolta voidaan tarkastella prosessin tilaa.

## 4.2 Kenttäkotelo

Kenttäkotelot sijaitsevat voimalaitoksen eri kerroksissa, näille koteloille kerätään kenttälaitteiden laitekaapelit. Hajautetussa järjestelmässä kenttäkoteloissa sijaitsevat myös IO -kortit, eri kenttäkoteloiden IO -kortit kommunikoivat väyläkaapelin kautta. Ristikytkentää käytettäessä kenttäkotelot ovat riviliitinkenttäkoteloita, näissä ovat riviliittimet joille kenttälaitekaapelit tuodaan ja joilta lähdetään moniparisella runkokaapelilla ristikytkentäkaappiin. Usein kenttäkoteloissa sijaitsee kenttälaitteille tarkoitettu paineilma jakelu. 24VDC:n jännitejakelu tulee suoraan ristikytkentäkaapilta, joko suoraan IO- kortilta tai lasiputkisulakkeen takaa. 230VAC jännite voidaan myös syöttää kenttäkotelolta, useimmiten 230VAC jännite vietään suoraan kenttälaitteelle. Kenttäkotelot voivat olla kooltaan melkein millaisia tahansa, aina pienestä kytkentäkotelosta suureen kaappiin. Voimalaitoksessa on useita kerroksia ja toimintayksiköitä, kenttäkoteloita sijoitetaan kerroksittain aina tarpeen mukaan. Kenttäkoteloiden sijainnit päätetään pääsääntöisesti pohjakuvista. Parhaiten kenttäkoteloiden sijainnit voidaan määrittää paikan päällä jolloin nähdään kaapelihyllyreitit sekä muut esteet. kenttäkotelolta tai kuten tässä tapauksessa 230 VAC jännite vietään suoraan laitteelle.

## 5 KESKITETYN RISTIKYTKENTÄJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Koska opinnäytetyön aiheena on kehitystehtävä, voidaan ristikytkentäjärjestelmän kehittäminen rinnastaa tuotekehitykseen. Tuotekehityksen tavoitteena on parantaa tuotetta, jotta pystytään säilyttämään ja parantamaan yrityksen/tuotteen asemaa kilpailutilanteessa. (Jokinen 2001). Tärkeimpänä tekijänä uuden tuotteen kehittämisessä on että tuote vastaa riittävän hyvin asiakkaiden toiveita ja sen pitää olla kustannustehokas. On kuitenkin huomioitavaa, että kustannuksia ei voi loputtomiin pienentää heikentämättä ominaisuuksia. Eri tuotekehityksen vaiheista käytännössä kerrotaan kohdassa 6, suunnittelutyön toteutus.

Tuotekehitys jaetaan yleisesti neljään osaan. Jokisen (2001, 14-22) mukaan nämä vaiheet ovat tuotekehitysprojektin käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely.

Luonnosteluvaiheessa asetetaan tietyt rajaehdot. Luonnosteluvaihtoehto etenee ratkaisumallien hakemisella. Eri ratkaisumalleja vertaillaan keskenään ja kaikista malleista etsitään hyvät ja huonot puolet. Kun on saatu valittua tietty ratkaisu näistä, tehdään tekniset ja taloudelliset vertailut. Ratkaisujen tulee olla jo niin hyvin valmisteltuja, jotta niistä saadaan riittävän tarkkoja tuloksia aikaiseksi. Lisäksi ratkaisuja tulee verrata vanhaan tai olemassa olevaan tuotteeseen, jotta nähdään onko tuote parempi. (Jokinen, 2001, 14-22.)

Kun ratkaisu on tehty, pyritään sitä vielä parantamaan, jotta tuotteesta saataisiin mahdollisimman kustannustehokas ja helposti valmistettava. Tätä vaihetta kutsutaan tuotteen kehittämisvaiheeksi. Kehittämisvaiheessa tulisi saada täytettyä kaikki vaatimukset, jotka on lähtökohtaisesti annettu projektin aloitusvaiheessa.

Viimeisin vaihe tuotekehitysprojektissa on tuotteen viimeistelyvaihe. Viimeistelyvaiheessa tehdään tuotteesta lopullinen dokumentaatio, joka pitää sisällään työpiirustukset osaluetteloineen ja käyttö- ja huolto-ohjeineen. Viimeisessä vaiheessa tehdään yksityiskohtien suunnittelu siten, että tuote on valmis prototyypin valmistusta varten. (Jokinen 2001, 9-10, 14-22, 101)

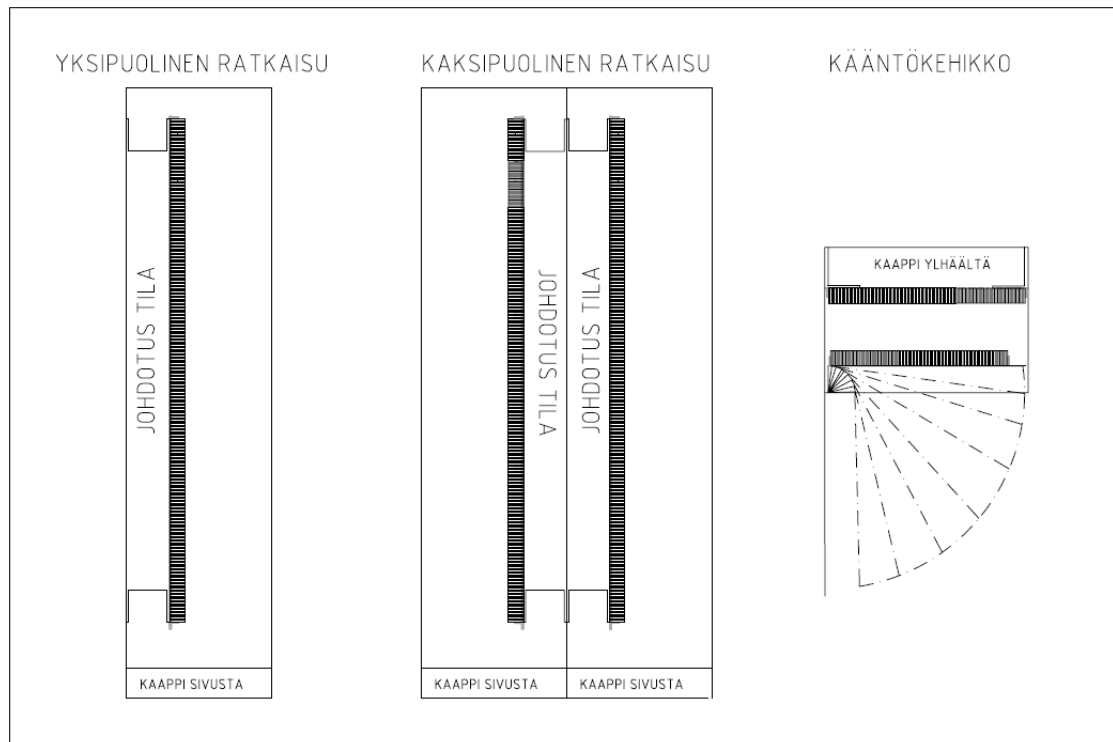
## 6 SUUNNITTELUTYÖN TOTEUTUS

Työtä aloittaessa työlle laaditaan tavoitteet käynnissä olleiden projektien lähtötietojen pohjalta. Tässä työssä on tavoitteena suunnitella ristikytöntäjärjestelmä mikä on jatkossakin joustava ja helposti laajennettavissa. Suunnittelussa tulee huomioida asennus-, kustannus- ja tilatehokkuus. Lähtökohtana ristikytöntäjärjestelmä tulee suunnitella yksipuolisena keskuksena. Digitaalisten ja analogisten tulojen/lähtöjen mahdolliset välireleet, galvaaniset erottimet sekä 24VDC jakelu tulee olla myös ristikytöntävissä. Käytettyjen ratkaisujen tulee olla sovellettavissa Siemensin ja ABB:n I/O-liityntöjen kanssa.

### 6.1 Kaappijärjestelmä

Lähtökohtana suunnitellaan yksipuolinen ristikytöntäjärjestelmä mutta myös kaksipuolinen ja mahdollisesti myös kääntökehikkoratkaisu tulee kyseeseen. Kaksipuolisessa asennuksessa asennetaan kaksi kaappia selät vastakkain ja johdotus tapahtuu näiden välissä. Kääntökehikkona käytetään ovea tai erillistä saranoitua rakennetta, joka aukeaa ulospäin ks kuva 3. Ristikytöntäjärjestelmä rakentuu jo käytössä olevan kaappivalmistajan Rittal TS 8 kaappijärjestelmään. Kaappijärjestelmää on helppo kasvattaa tarpeiden mukaan sekä siihen on saatavissa paljon erilaisia lisävarusteita. Rittal TS 8 kaapit toimitetaan runko kehikoittain ja näihin tilataan seinät ja muut halutut lisätarvikkeet. Mikäli suunnittelussa kaapissa ei tarvita seiniä tai jos tarvitaan vain toinen voidaan tämä seinä jättää kokonaan tilauksesta pois. Osien tilaaminen erikseen mahdollistaa materiaalien minimoinnin myös kuluissa. Pelkän runkokehikon ympärille rakentaminen mahdollistaa järjestelmän muokkaamisen kuten kaksipuoleisen asennuksen. Kaksipuoleisessa asennuksessa kaappirungot liitetään yhteen selät vastakkain. TS 8 kaappijärjestelmään on saatavissa myös kääntökehikko ratkaisuja, nämä vievät syvyysuunnassa paljon tilaa, jolloin kaapin syvyyttä saattaa joutua kasvattamaan. Lisäksi kääntökehikon käyttöä suunnitellessa on otettava huomioon johtotiet, aukeamiskulma ja asennettavien laitteiden syvyys. Tässä tapauksessa kääntökehikon

käyttö päätettiin unohtaa, sillä sopivaa valmista vaihtoehtoa ei löytynyt ja uusi modifioitu ratkaisu saattaa nostaa kustannuksia.



KUVIO 3 Ratkaisumalleja.

## 6.2 Tilan hyödyntäminen

Ensimmäisiä asioita oli miettiä miten hyödyntää koko kaappi, jolloin säästetään niin tilaa kuin materiaalikustannuksia minimoimalla tyhjä tila. Perinteisissä kytkentäkaapeissa on asennuslevyratkaisu. Tähän on helppo asentaa kalusteet, mutta tällöin johtokourut täytyy asentaa samalle asennuslevylle muiden komponenttien kanssa, jolloin ne vievät paljon tilaa reunoilta sekä asennuksien keskeltä. Perinteisessä asennuskaappijärjestelmässä on käytetty hyödyksi myös sivuseinät. Tätä haluttiin välttää sillä kaappijärjestelmä haluttiin pitää yhtenä kokonaisuutena sekä mahdollinen kaapista kaappiin johdottaminen olisi vaikeutunut sivuseiniin tulleiden esteiden vuoksi. Keskitetyssä ristikytkentäjärjestelmässä johdinmäärät tulevat olemaan suuria, jolloin tarvitaan syviä ja leveitä johtokouruja. Johdotusongelmiin etsittiin ratkaisua. Eräällä toisella

Vaasa Engineering Oy:n osastolla on käytetty Lutze LSC- johdotusjärjestelmää. Tutustuin kyseiseen ratkaisuun. Tuote osoittautui joustavaksi ja helposti annettujen vaatimuksien mukaan muunneltavaksi ratkaisuksi johdotus- ja asennusongelmiin.

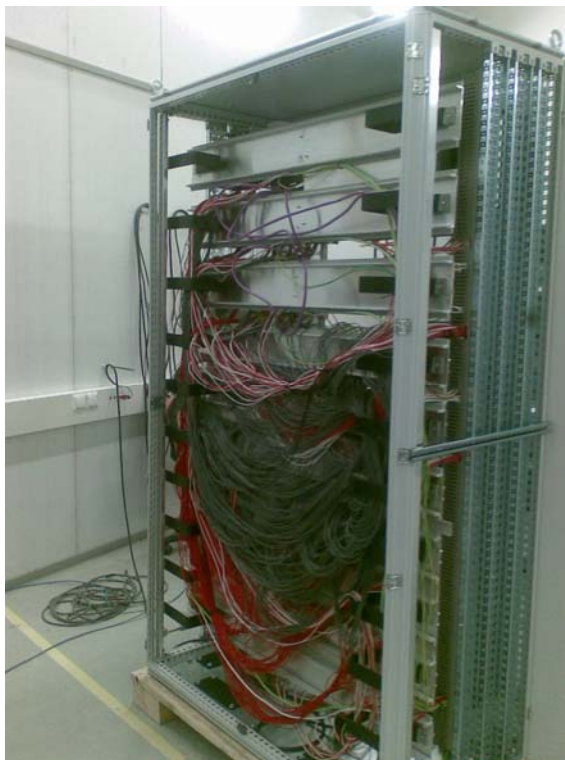
Lutze LSC- järjestelmä mahdollistaa niin pysty kuin vaaka asennuksen. Järjestelmän alumiiniprofiilirunko kiinnitetään TS 8 kaapin runkoon pystyyn tai vaakaan. Alumiiniprofiileihin asennetaan rautaiset jalat joille asennetaan asennuskiskot ks. kuvio 4. Jalkojen ja profiilin avulla järjestelmä nousee takaseinästä noin 15cm ulospäin. Johdotus voidaan tehdä asennuskiskojen sekä kaapin takaseinän väliin jäävässä tilassa jolloin ei tarvita ylimääräisiä johtokouruja ks. kuvio 6. Kaapin kalusteet kuten automaation logiikat asennetaan alumiinisille asennuskiskoille jotka kiinnitetään U -mallisiin rautajalkoihin pulteilla.



KUVIO 4 LSC- Johdotusjärjestelmä. Kuva: Lutze, FINNSÄHKÖ



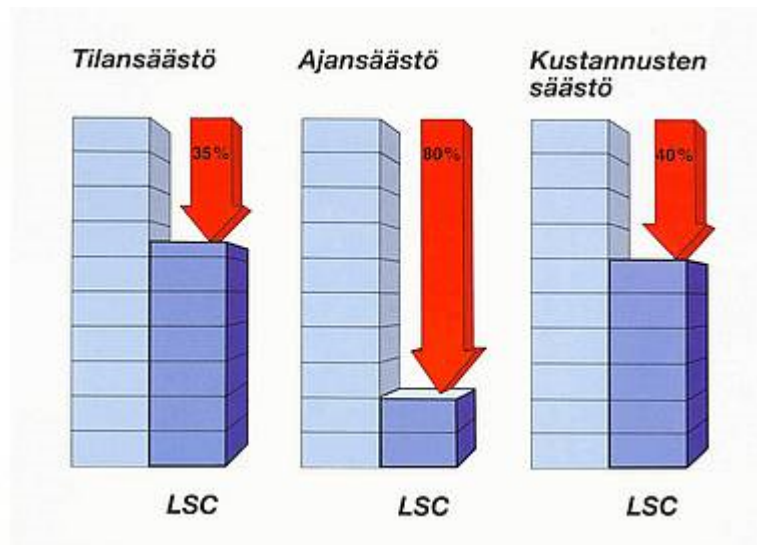
KUVIO 5 LSC -Johdotusjärjestelmä



KUVIO 6 Johdotus



LSC- järjestelmän rakennus osia saa sekä valmiina ratkaisuinä sekä tarvittaessa mittojen mukaan, täyspitkä LSC- profiili on 4metrin mittainen. Johdotusjärjestelmää on mahdollista muokata tarpeitten mukaan mikä sopii hyvin kaappien asennuspohjaksi sen muokattavuuden ansiosta. Valmiita ratkaisuja LSC- järjestelmässä on yleisimpiä tarkoituksia varten, kuten DIN- kiskolla varustettua asennuskiskoa sekä joillekin automaation logiikoille on valmiit ratkaisut. Kaikkea LSC- järjestelmäkään ei pystynyt tarjoamaan, kuten suoraa valmiutta Siemensin ja ABBn IO -korttien asennuksille. Esimerkkinä voidaan pitää SIEMENS 200 M IO- korttien asennuskiskon asennusta. Tällöin täytyi asentaa sileän LSC- asennuslevyn päälle logiikkavalmistajan oma asennuskisko. LSC- asennuskiskoa käytetään koska tarvitaan johtokuilun päälle tulevalle peitekannelle kiinnityspaikat. Selkeän asennustilan ansiosta asennukset pysyvät selkeinä ja saadaan siisti asennusjälki. Lutze LSC- johdotusjärjestelmä lupaa jopa 30% enemmän asennustilaa kuin perinteisessä asennuslevyssä.

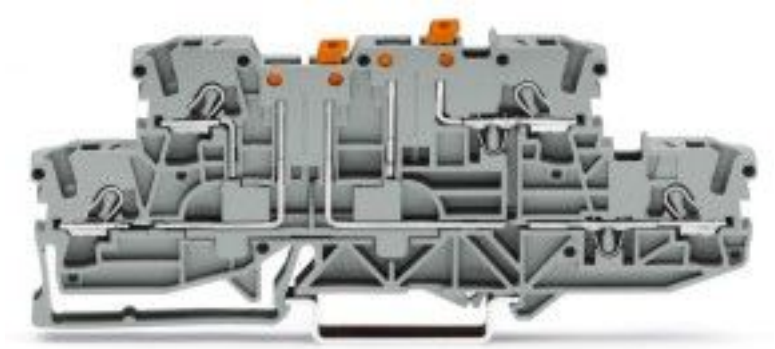


KUVIO 7. Esimerkkikuva tilan, ajan ja kustannusten säästämisestä. Kuva: Lutze, FINNSÄHKÖ.

LSC- järjestelmä ei kuitenkaan ole hankintakustannuksiltaan edullinen. Tämä kompensoituu takaisin työajassa sekä asennustilan lisääntymisenä kaapissa. LSC- järjestelmä elää asennuskaapin mittojen mukaan, jolloin sitä voidaan käyttää asennuksien pohjana tulevaisuudessakin.

### 6.3 Riviliittimet

Yksi työvaiheista oli määrittää ristikytkenässä käytettävät riviliittimet. Riviliittimille kytketään kentältä tulevat runkokaapelit. Vaatimuksena oli löytää kaksikerroksinen riviliitin jossa on mahdollisuus + ja – johtimien kytkemiseen samaan liitinrunkoon. Lisäksi vaadittiin jousiliittimet korvaamaan ruuviliittimet. Vaatimuksena oli myös liitinten välisen kiskon katkaisu kummassakin kerroksessa erikseen sekä mittausholkit kummassakin kerroksessa. Kaksikerrosliitinvaihtoehto etsittiin koska liitos määrät kasvavat suuriksi ja tilaa on rajatusti. Kaksikerrosliittimillä liitosmäärät saadaan luonnollisesti kaksinkertaistettua verrattuna yksikerrosliittimiin. Jousiliittimien ansiosta jää yksi työvaihe pois, sekä mahdollisten liitosvirheiden mahdollisuus pienenee. Liitosvirheitä saattavat olla ruuviliitimissä mm. kiristämättä jäänyt liitin tai käytettäessä liian suurta kiristys momenttia väännetään ruuvin jengat rikki ja liitin vaurioituu. Edellä mainittuja ongelmia ei tule jousiliitimissä, toisaalta jousiliitimissä saattaa aiheuttaa ongelmia väsynyt tai rikkoutunut jousi. Kiristämättä jäänyt tai vaurioitunut liitos voi antaa vääriä tietoja eteenpäin tai olla poissa toiminnasta kokonaan. Huonona puolena jousiliitimessä on oman työkalun tarve sekä vain yhden kaapelin liittäminen liittimessä. Katkaistava liitin tarvitaan helpottamaan työtä esimerkiksi testauksessa ja huollossa. Tällöin voidaan varsinainen kenttälaitte erottaa järjestelmästä irrottamatta johtimia liittimistään. Mittausholkkeja tarvitaan mittauksissa ja testauksissa. Tässä tapauksessa kaapeissa päädyttiin käyttämään Wagon tuotteita, syynä tähän oli valmistaja hyvä maine ja pitkä kokemus jousiliittimien valmistajana. Wagon tuotteiden käyttämistä helpotti myös VEO- konsernin siirtyminen käyttämään tämän valmistajan tuotteita. Kaapeissa käytettävät riviliittimet pyrittiin valitsemaan käytettävien johdinkokojen mukaan.



KUVIO 8 Katkaistava- kaksikerrosliitin. Kuva: WAGO

## 6.4 Liityntämoduuli

IO- määrien ollessa suuria tai keskikokoisia on helppo käyttää moduulisovelluksia. (Phoenix Contact 2010). Moduulien järjestys voidaan määrittää miten halutaan ja kytkeminen IO- kortille on helppoa valmiskaapelin avulla. Valmiskaapeli on moniparinen kaapeli jossa olevat liittimet mukautuvat eri kokonaisuuksien, I/O kortin sekä moduulin mukaan. Kaapelissa kulkee I/O- kortin jännitesyöttö sekä virta- ja binääritiedot. Jännite- ja ristikytcentäkaapelit kytketään moduulin riviliittimiin. Myös moduuleilta vaadittiin jousiliitännät sekä tilatehokkuutta. Myös moduulikohtaisia vaatimuksia asetettiin. Digitaali-tulo (DI) -moduuli täytyy olla 3 kerroksinen jolloin voidaan tarvittaessa kytkeä kolme johdinta moduuliin, 24VDC jännitesyöttö sekä tuleva ja signaali miinus. Analogia-tulo (AI) -moduulissa täytyi olla mahdollisuus vaihtaa aktiivisen ja passiivisen vaihtoehdon välillä kytkentää. Valmiskaapeleita on eri IO -korteille omanlaisensa. Erilaisia vaihtoehtoja samalle IO -kortille, suoraan laitteelta laitteelle kytkettäviä sekä IO -kortille etupistoketta vaativia malleja. Moduuleja saatetaan tarvita useampia yhdelle kortille, sillä esimerkiksi SIEMENS 200 M digitaali-tulo kortissa on 32 kanavaa jolloin se tarvitsee 4kpl 8 kanavan moduuleja. Näille on tietysti omat kaapelit, jotka ovat haaroitettuja.



KUVIO 9. I/O Liityntä moduuli. Kuva: Phoenix Contact, 2010.



KUVIO 10. Esimerkkejä kaapeleista.

Moduuliratkaisuissa päädyttiin Phoenix Contact valmistajan tuotteisiin. Tämän valmistajan tuotteet vastasivat vaatimuksia, sekä tuotteet olivat tilatehokkaat sekä toivat siistin asennusjäljen.

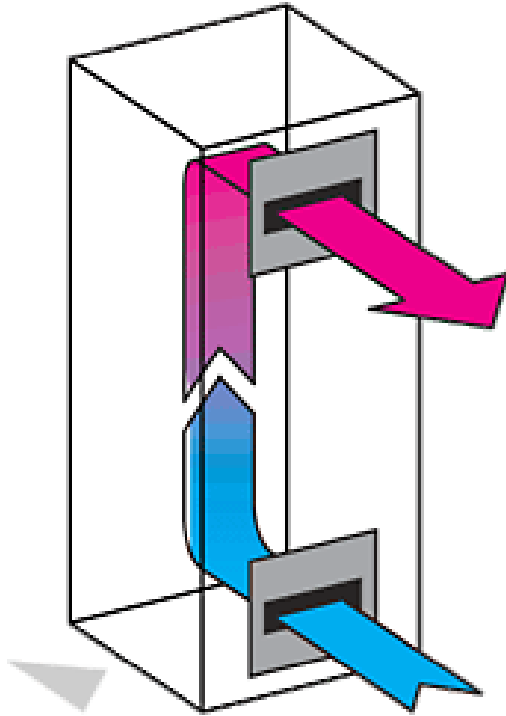
## 6.5 LAYOUT Suunnittelu

Työn layout suunnittelussa käytettiin AutoCad 2008 ohjelmistoa. layout kuvat piirretään 2D mallina mutta kaappien sivuseinät tulee myös esittää kuvissa. Layout suunnittelussa voidaan puhua pohjapiirroksen suunnittelusta, tämä helpottaa kaapin kalustus ja asennustyötä. Layout kuvassa kuvataan kaapin rakenteet sekä sinne sijoitettavat kalusteet kuten riviliittimet ja automaation IO- järjestelmä. Kalusteet pyritään piirtämään kaikki mittakaavassa jolloin ei pitäisi syntyä ongelmia todellisuudessa kun suunnitelma toteutetaan. Hyvä olisi varata hieman ylimääräistä kuviin sillä teoria ei aina vastaa käytäntöä. Layout suunnitelmassa pyritään sijoittamaan laitteet järkeville ja käytännöllisille paikoille, huomioiden mm. jäähdytys ja johdotus. Laitesijoituksiin vaikuttavat niille annetut suojaetäisyydet, useimmiten nämä tiedot löytyvät laitteen manuaaleista. Käytettäessä LSC- järjestelmää saadaan sijoitettua laitteita paremmin, sillä johtokourut vievät tilaa ja nämäkin täytyy huomioida suojaetäisyyksissä. Koska kaappeihin sijoitetaan sähkölaitteita, syntyy näistä hukkalämpöä. Valmistaja ilmoittaa manuaaleissa myös laitekohtaisen hukatehon. Nämä tiedot lasketaan yhteen jolloin saadaan kokonaisteho. Automaatiokaappien tuuleutusta suunnitellessa käytettiin apuna Rittal Therm -laskentaohjelmaa jolla voidaan laskea tuuletus- ja lämmitys tarve.

### LAITESIJOITUS

Ristikytkentäkaappien layout suunnittelu alkoi hahmottelemalla kalustemäärät. Kalusteiden kuten automaation IO -korttikehikoiden ja IO -korttien määrien varmistuttua, piirretään layout -kuva. Layout -kuvaan hahmotellaan asennuskaappi sekä asennuspohja joka tässä tapauksessa on LSC järjestelmä, kuvaan hahmotellaan myös kaikki käytettävät komponentit. Kaikki lämpenevät laitteet, kuten logiikat ja virtalähteet pyritään sijoittamaan kaapin ylä-osaan jolloin alhaalta tuleva ilma on viileää eikä valmiiksi lämmintä. Kaapin jäähdytyksen suunnittelussa on otettava huomioon sisä- ja ulkolämpötilat sekä laitteiden lämpöarvot. Tuuletus mitoitetaan pienimmän lämpenemis-

keston mukaan. Tämä tieto löytyy yleensä laitteiden manuaaleja tutkimalla. Käytettävissä kaappijärjestelmässä sijoitetaan puhaltimet kaappien ovien alaosiin jolloin puhallin puskee kylmää ilmaa kaappiin ja lämmennyt ilma poistuu kaapin yläosassa olevista poisto venttiileistä.



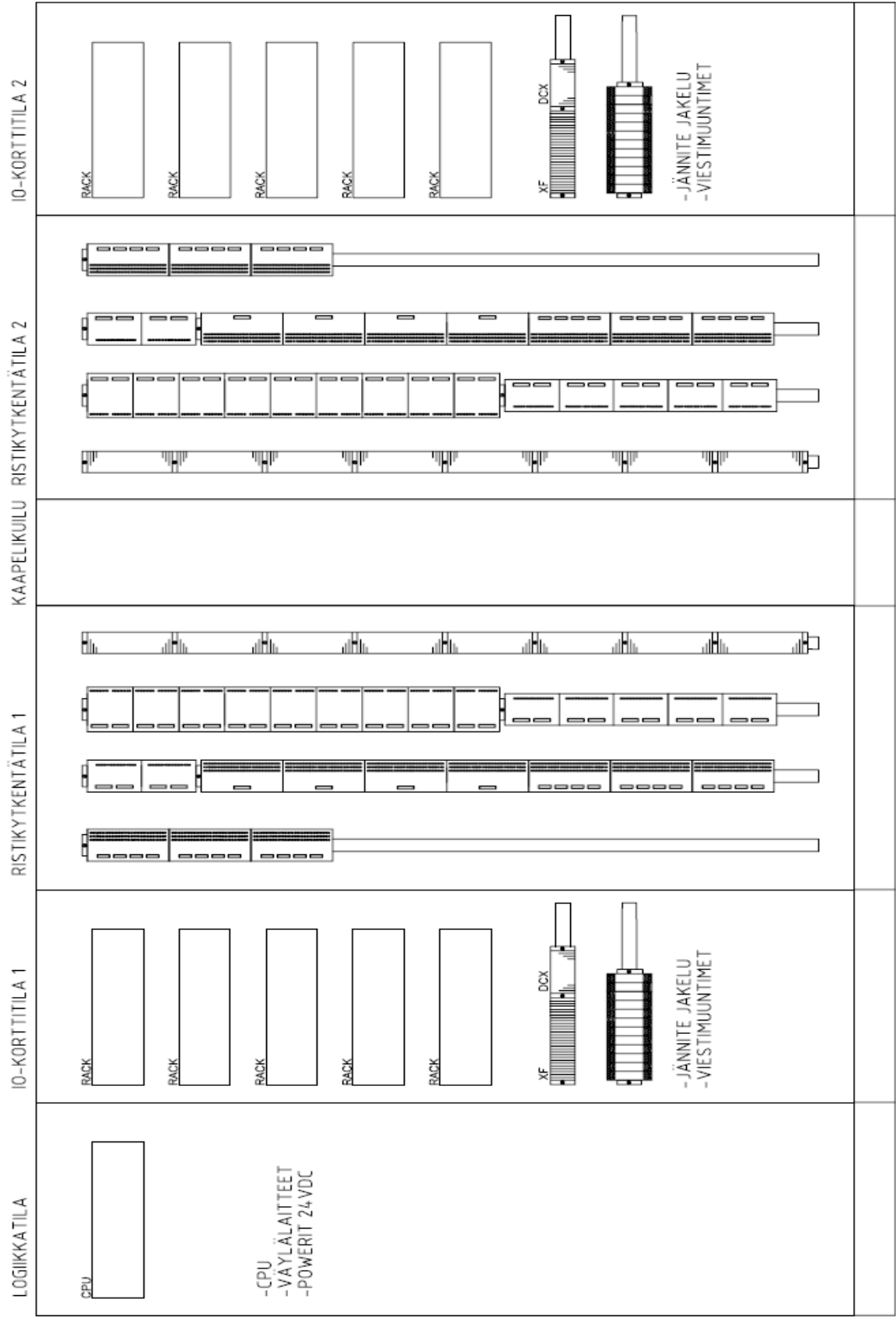
KUVIO 11. Jäähdytys. Kuva: Rittal Therm, 2009.

Kaappeihin tulevien kalusteiden hukkateho on pieni ja maksimi lämpötilan kesto suhteellisen suuri. Kaapit ovat yhtä tilaa, jolloin myös lämpenevää alaa on paljon. Kaapit eivät ole ilmatiiviitä, jolloin ilma kiertää luonnostaan. Jokaiseen oveen ei välttämättä tarvita puhallinta ja poisto ilmaventtiiliä, vaan tämä pyritään jakamaan tasaisin välein. Puhaltimina voidaan käyttää joko 24VDC ja 230VAC jännitteillä toimivia puhaltimia. Tässä tapauksessa käytetään 230VAC puhaltimia. Mikäli kaappeja on vain yksi tai kukin kaappi on oma tilansa, sijoitetaan kaappiin yksi termostaatti. Mikäli kaappeja on useampia ja lämpötilaa mitataan laajalla alueella, sijoitetaan kaappeihin tasaisin välein useampia termostaatteja. Nämä voidaan kytkeä toimimaan joko yksinään tai rinnan, jolloin yhden termostaatin antamalla käskyllä lähtevät myös muut toimimaan. Termostaattit ohjaavat tuulettimia lämpötilan mukaan päälle ja pois. Käytettävä johdotusjärjestelmä luo ilman kierrolle paremmat puitteet 15cm korotuksen ansiosta jolloin

ilma pääsee kiertämään vapaasti myös laitteiden takaa. Layout suunnittelussa pohdittiin kahta eri ratkaisumallia, pysty ja vaaka asenteista asennusmallia.

### **6.5.1 Pystyasennus**

Pystyasennuksessa (ks kuva 12) LSC- järjestelmä asennetaan riviliittimien ja moduulien osalta pystyyn ja logiikat vaaka asentoon. Tällöin logiikka ja ristikytken osuus asennetaan eri kaappeihin. Ristikytkenäkaapit voidaan asentaa automaatiokaapin kummallekin puolelle tai vaihtoehtoisesti vierekkäin. Pystyasennuksessa voidaan käyttää johtokuilua jonka kautta tuodaan runkokaapelit kaappiin. Pysty-asennuksen etuna on useamman IO -korttikehikon saaminen samaan kytkentätilaan. Ison riviliittinmäärän laittaminen samaan tilaan saattaa aiheuttaa sekavuutta kytkennässä jolloin kytkentävirheet saattavat lisääntyä ja vikojen etsiminen vaikeutuu. Tilaaajat vaativat usein vaaka-asennusta jolloin joudutaan luopumaan pystyasennuksesta. Pystyasennus mallissa varatilan huomioon ottaminen täytyy huomioida heti suunnittelun alussa, sillä varatilan lisääminen ei välttämättä ole helppoa. Mikäli johtokuilun molemmiin puoliin on jo kaapit, joudutaan lisäämään myös johtokuilu joka lisää kustannuksia, runkojen määrää ja leveyttä.

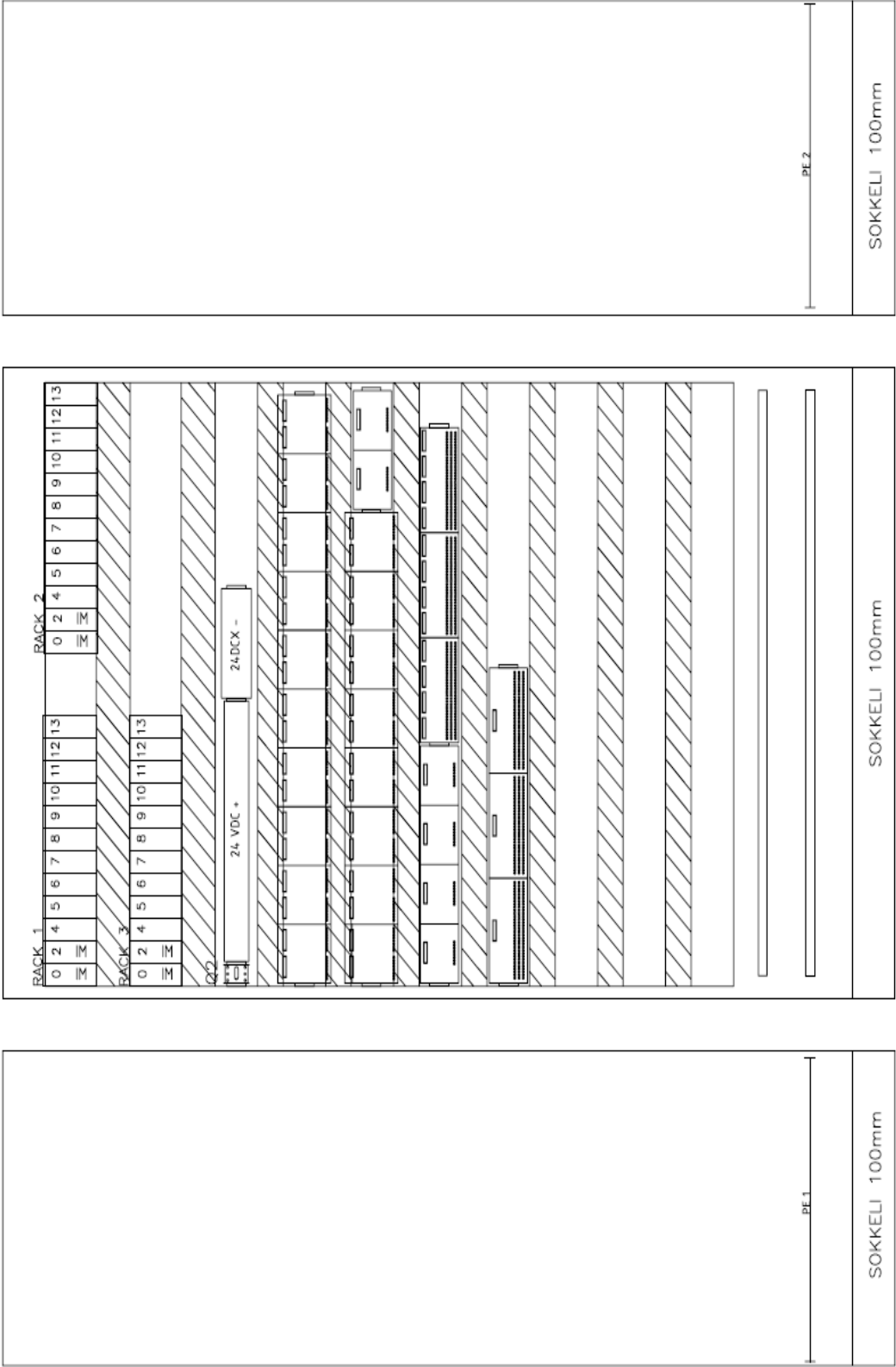


KUVIO 12. Esimerkki pystyasennus mallista



### 6.5.2 Vaaka-asennus

Vaaka-asennuksessa (ks kuva 13) voidaan sijoittaa IO -kortit samaan tilaan ristikytken kanssa. Tällöin runkokaapelit voidaan tuoda suoraan ristikytkenkaappiin toisin kuin pysty-asennuksessa. Kytkenkaappeja asennetaan useampia vierekkäin toisin kuin pysty-asennuksessa. Vaaka-asennus mallin etuna on helppo laajennettavuus, jolloin laitetaan uusi kaappi vanhojen viereen jolloin säästetään kustannuksia. Liitinmäärät pysyvät kohtuullisina jolloin kytkentävirheiden mahdollisuudet pienenevät ja vian paikallistaminen helpottuu. Huonona puolena vaaka-asennuksessa on rajattu asennustila jolloin täytyy useampi kaappi laittaa vierekkäin sekä välttämättömyys käyttää kaksikerrosliittimiä. Useamman kaapin järjestelmässä IO:t ovat myös useassa kaapissa, tällöin suunnittelussa täytyy ottaa tarkemmin huomioon IO sijoittelu järjestelmässä. Kaappien väliset kytkennät ovat helposti tehtävissä mutta tätä pyritään välttämään. Yhdeltä kenttäkotelolta tulevat kaapelit ja IO:t pyritään sijoittamaan samaan tilaan jolloin ei tule ristikytkenässä kaapista kaappiin hyppimistä, tämä tuo suunnittelussa omat haasteensa.



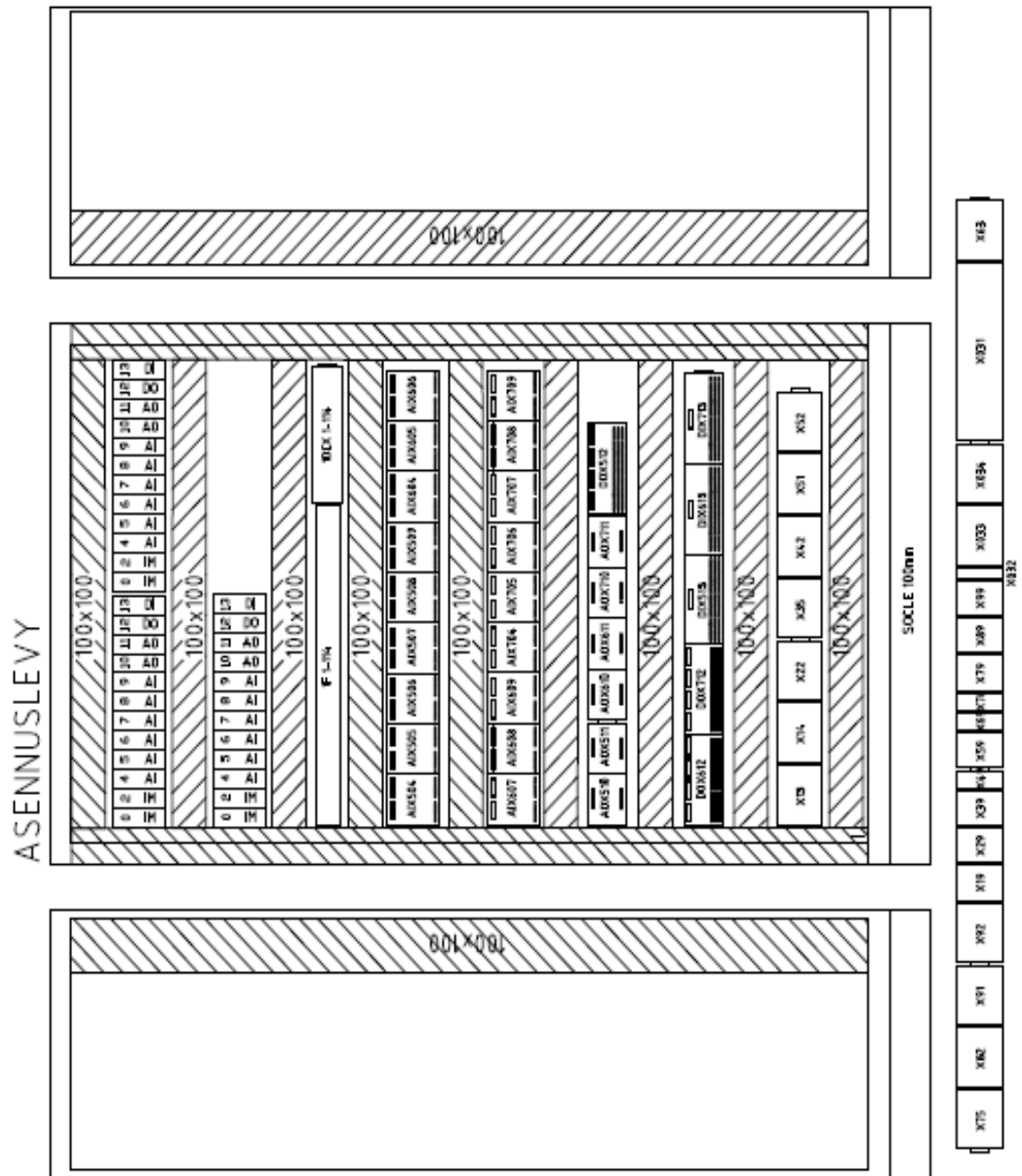
KUVIO 13. Esimerkki SIEMENS 200 M vaaka-asennuksesta

## 7 TULOKSET

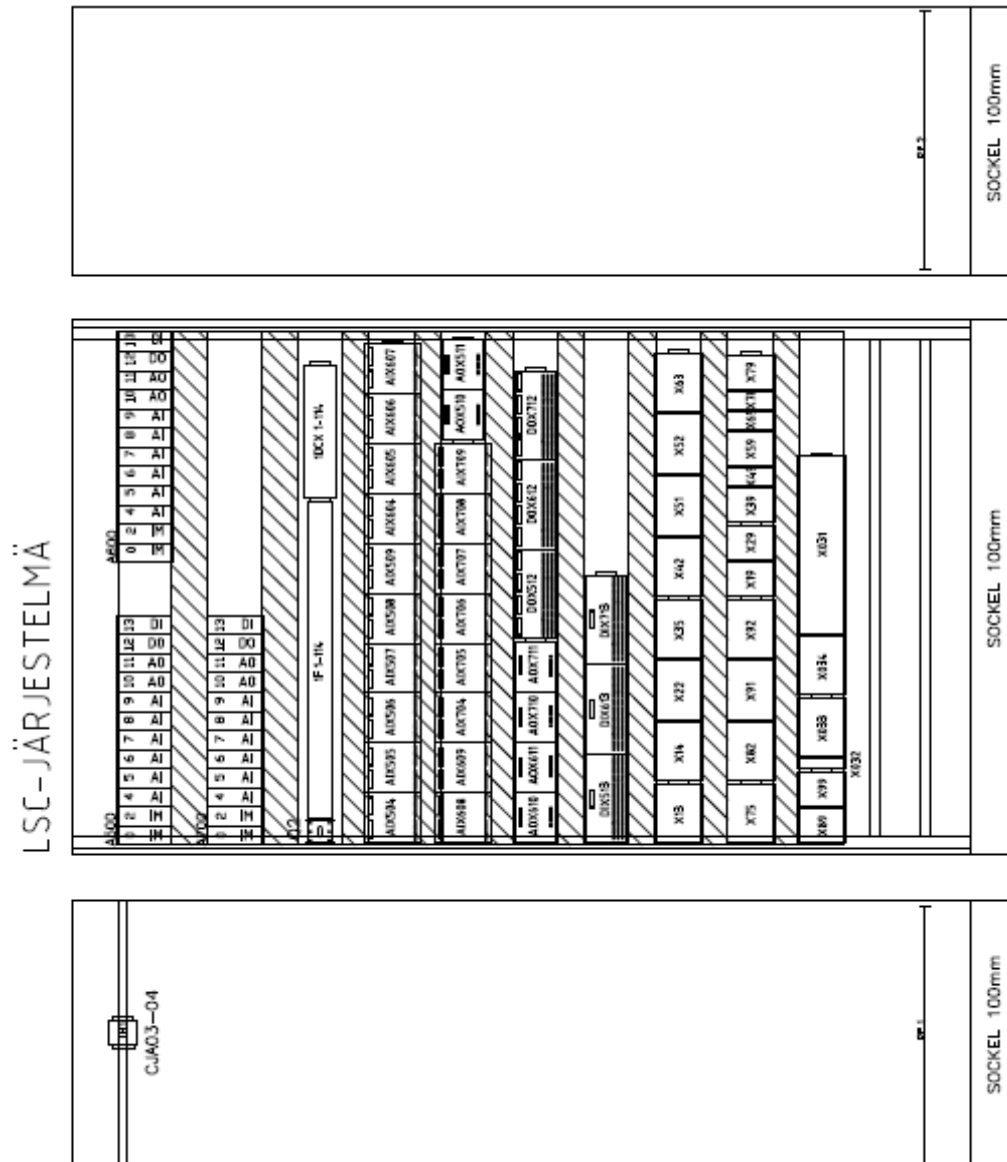
Opinnäytetyön aiheena oli kehittää keskitetty IO:n ristikytcentäjärjestelmä. Tavoitteena oli suunnitella ensisijaisesti vakioitu kokonaisuus josta on helppo lähteä kehittämään haluttua kokonaisuutta. Kehitystyöhön sisältyi ratkaisujen löytäminen Siemenin ja ABB:n automaatiojärjestelmille. Kehitystyön tuloksena saatiin helposti muokattava ja asennuslevymalliin verrattuna kompakti kokonaisuus. Alempana vertailu kuvat 14 ja 15, kuvissa on esitetty sama kaappi asennuslevyä ja LSC- järjestelmää käyttäen. Käytettävä kaappijärjestelmä, LSC- johdotusratkaisu sekä liityntämoduuliratkaisu helpottavat järjestelmän muokattavuutta. Kaappijärjestelmä antaa paljon erilaisia runko ja asennusmahdollisuuksia. LSC- johdotusjärjestelmää on helppo muokata omien tarpeiden mukaan. Ratkaisumallissa päädyttiin vaaka-asennukseen, jolloin saatiin kytkettävät IO:t samaan tilaan riviliittimien kanssa. Tällöin myös kaapelien pituudet pysyvät kurissa. Kaappien muokattavuus mahdollisuudet huomasivat kahden eri voimallisuuden erilaisten logiikoiden layout suunnittelussa.

### **Vanhan ja uuden mallin vertailu**

Selvin vertailu perinteisen ja uuden asennus mallin välillä voidaan suorittaa layout kuvista. Ks. Kuviot 14 ja 15. Kaappien mitat ovat, korkeus 200cm, syvyys 60cm sekä leveys 120cm



KUVIO 14 Perinteinen asennuslevy malli, HUOM. käytössä myös sivuseinät



KUVIO 15. LSC- Johdotusjärjestelmä käytössä

Kuten kuviosta 14 huomataan, kaappi jää ahtaaksi logiikoiden osalta, vaikka kaappien pystysuunnassa kulkevien johdotusten kaapelikourut on sijoitettu seinille. Logiikat kyllä mahtuvat mutta tarpeellinen ilmarako jää pois. Myöskään tarvittava määrä rivi-liittimiä ei mahdu pohjalevy asennuskaappiin. Olisi myös syytä jättää tyhjää varatilaa kaappeihin, mikäli täytyy lisätä yksi tai kaksi runkokaapelia. Runkokaapeleiden asennus tuottaa ongelmia kuviossa 14, tyhjää tilaa kaapeleiden asennukseen ei jää.

## 8 TULOSTEN POHDINTAA

Lopputuloksena Vaasa Engineering Oy:n Lämpövoima osasto sai kahteen voimalaitosprojektiin valmiiksi suunnitellut ristikytkentäkaapit, sekä peruslähtökohdat kaappien suunnitteluun jatkossa. Itse ristikytkentää ja IO -jakoa ei suunniteltu, tämä suunnitellaan erikseen. Vanhaan järjestelmään verrattuna ristikytkentäjärjestelmä on erilainen, sillä automaatio sijaitsee yhdessä paikassa kenttäkoteloiden sijaan ja kenttäkoteloilla on vain riviliittimet, paineilmajakelu sekä tila isommille lisälaitteille kuten lämpötilalähettimille.

Kuvista 14 ja 15 näkee miten käyttöön otettu johdotusjärjestelmä säästää tilaa. Tämä tilan säästö on hyvin ratkaiseva. Ilman johdotusjärjestelmää olisi täytynyt lisätä ainakin yksi kaappi lisää. Tästä olisi koitunut lisäkustannuksia niin kaapin hankinnasta, kuin kalustamisesta ja asennustyöstä. Kaappien määrä pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Kaappien kokoa voidaan muuttaa tarvittaessa, Siemensin korttikehikkoja eli rackeja asennettiin samaan kaappiin kolme kappaletta, jolloin käytettiin 120cm leveää kaappia kun taas ABBtä käytettäessä asennettiin kaksi rackia 100cm leveään kaappiin. Kummassakin tapauksessa kaapit pyrittiin saamaan mahdollisimman täyteen, tässä onnistuttiin. Kaappien kokoa mietittäessä on syytä huomioda runkokaapelit sekä runkokaapelien parien määrä. Kaapelien määrä ja kaapelin pari määrä saattaa kasvaa isoksi jolloin kasvaa myös liitinmäärät mikäli kaikki johtimet täytyy päättää riviliittimille. Riviliittimien määrä kasvaa niin korkeaksi että on suositeltavaa käyttää kaksikerrosliittimiä.

Kaikki eivät kuitenkaan hyväksy kaksikerrosliittimiä vaan he vaativat tavalliset riviliittimet. Yksikerrosliittimiä käytettäessä täytyy huomioda nykyistä suuremmat kytkentätilat kaapeissa. Tällöin on syytä harkita käytettäväksi omaa kaappia rackeille ja omaa kytkentätilaa ja kaksipuoleista kaappia. Vaaka-asennuksen etuna on myös sen sopivuus asiakkaan vaatimuksiin, asiakas saattaa usein vaatia vaaka-asennusta jolloin pystyasennus malli ei toimi.

## **PALAUTE**

Kuten usein, paperilla ja teoriassa asiat vaikuttavat hyvältä, mutta käytäntö saattaakin olla toisin. Kehitetty ristikytcentäjärjestelmä on saanut niin hyvää kuin huonoa palautetta. Kaappien rakentajatiimi antoi pääasiassa myönteistä palautetta. Järjestelmän kytkeminen ja rakentaminen on heidän mukaansa varsin helppoa, sillä kytkentä ja asennustyö voidaan pääasiassa tehdä pöydällä miellyttävästä työasennosta ja valmis ristikytcentä nostetaan suoraan kaappiin. Tämän ansiosta kaapit ovat nopeasti valmiita toimitettavaksi testattavaksi tai suoraan voimalaitokselle, edellyttäen ettei suuria tömääriä vaativia muutoksia tule. Ristikytcentäjärjestelmän asennustyöhön kulunutta aikaa oli vaikea verrata vanhan järjestelmän asennukseen, sillä lukuisten muutosten ansiosta asennus aika pitkittyi.

Käyttöönnotosta on tullut rakentavampaa palautetta, mahdolliset lisäykset tai paikan päällä tapahtuvat muutokset saattavat tuottaa hankaluuksia. Johtimien lisääminen ja muuttaminen on varsin hankalaa koska kaapelit kulkevat johdotusjärjestelmän ja asennuskaapin takaseinän välissä jonne on hankala päästä käsiksi ilman takaseinän irrottamista, joka kaappia tehtäessä on helppoa. Runkokaapelien asentaminen on hankalaa kaapin pohjan ja alimman asennuskiskon lyhyen välin takia. Näihin edellä mainittuihin seikkoihin on syytä kiinnittää huomiota vastaisuudessa. On kuitenkin mietittävä kustannus syistä kenen työtä on syytä helpottaa. Voimalaitoksella tapahtuvan työn kustannukset ovat luonnollisesti kalliimmat kuin tehtaalla tapahtuvan työn. Kuitenkin on pyrittävä siihen, ettei muutoksia tarvitse tehtaalla tapahtuvan työn jälkeen tehdä.

Helpottaisiko jälkeinpäin tehtäviä lisäyksiä johtokourut kaappien alaosissa? Vaikeuttaisiko tämä kuitenkin runkokaapeleiden asennusta? Jälkeinpäin tehtävää asennustyötä helpottaisi varmasti korkeampien peitelistojen käyttö nykyisten 4cm sijaan? Tämä kuitenkin söisi nopeasti tilaa korkeudesta mikä ei useimmiten tule kysymykseen asennustilan ollessa rajallinen.

Pääpaino suunnittelussa asetettiin tilan käyttöön sekä käytännöllisyyteen, näiden jälkeen tuli kustannukset. Vastaisuudessa on syytä miettiä kaksipuoleista asennusmallia ja kaappien sijoittamista keskelle huonetta mikäli tämä on mahdollista. Tällöin saataisiin koko kaappi käyttöön ja tyhjää käyttämätöntä tilaa jäisi todella vähän. Ristikytkentä olisi myös helppo toteuttaa. Nyt suunnitelluissa projekteissa haluttiin kaapit seinää vasten, jolloin ei kaksipuoleiselle asennukselle ollut mahdollisuutta. Ristikytkentäjärjestelmä vaatii projekti kohtaista suunnittelua kunkin projektin vaatimusten mukaan. Peruslähtökohdat suunnittelulle on nyt olemassa.

Ristikytkentäjärjestelmiä suunnitellessa tuli tutuksi lause, hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Itse ristikytkentäjärjestelmä vakuutti toimivuudellaan, vaikkakin suunnittelu IO –jaottelun osalta teettikin aluksi töitä. Työssä oli haastetta suunnitella tilatehokas ja helposti muokattava ristikytkentäjärjestelmä. Ristikytkentäjärjestelmän tuli vastata asiakkaiden yleisimpiä vaatimuksia sekä liityntämoduulit tuli olla eri automaatiojärjestelmiin sopivat. Samanlaisia liityntämoduuleja eri automaatiojärjestelmille ei löytynyt, mutta liityntämoduulien toimittajaksi valikoitui valmistaja jonka valikoimissa on laajalti vaihtoehtoja. Pääosin asiakkaiden vaatimuksiin pystyttiin vastaamaan. Oman näkemykseni mukaan ristikytkentäjärjestelmän suunnittelussa onnistuttiin hyvin. Työ toi esille asiakkaiden asettamat haasteet vaatimuksineen sekä käytännön yhdistämisen. Pääosin ristikytkentäjärjestelmää on suunniteltu käyttäen kahden Ruotsin projektin lähtötietoja ja asiakkaan vaatimuksia. Näihin vaatimuksiin pystyttiin vastaamaan hyvin ja opinnäytetyön aikana suunniteltiin valmiit ristikytkentäjärjestelmät joita oli helppo muokata varsinaisen projektityön edetessä.



## LÄHTEET

Vaasa Engineering Oy, Mainoseseite 2009. Viitattu 1.4.2010

Jokinen, T. 2001. Helsinki: Tuotekehitys. Viitattu 1.4.2010

Määttä, K. 2008. Lämpölaitoskontin kehitys. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka.

Rittal Oy, kotisivu.

<http://www.rittal.fi/index.html>

Rittal Therm, CD-ROM, Laskenta –ohjelma. Viitattu 5.4.2010

Phoenix Contact Oy, kotisivu. Viitattu 5.4.2010

[http://www.phoenixcontact.fi/automaatioteknologia/187\\_6665.htm](http://www.phoenixcontact.fi/automaatioteknologia/187_6665.htm)

Suvanto, P. BU-Manager. Phoenix Contact Oy. Sähköpostiviesti 25.3.2009.

Finnsähkö Ky, kotisivu <http://www.finnsahko.fi/>

Oinonen, V. Finnsähkö Ky. Sähköpostiviesti 13.11.2009.

Lutze Ltd., kotisivu. <http://www.lutze.com/>

WAGO, kotisivu. <http://wago.com/>

Niskanen, K. Tuoteryhmäpäällikkö/Automaatio. MODIO Oy. Sähköpostiviesti 25.3.2009

Kuikka, P. Myyntineuvottelija. MODIO Oy. Sähköpostiviesti 18.3.2009.

Vainionpää, A. Tuotepäällikkö. ABB Oy. Sähköpostiviesti 25.3.2009.

Niemelä, T. Juha-Elektro Oy. Sähköpostiviesti 25.3.2009.

Häkkinen, V-M. 2008. Automaatiotekniikan perusteet, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu

Häkkinen, V-M. 2008. Sähkösuunnittelun perusteet, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu

Rantakari, S. Projekti- Insinööri. Vaasa Engineering Oy. Haastattelu

Jantunen, P. Tuotelinjapäällikkö. Vaasa Kojeistot Oy. Haastattelu

Perälä, T. Asentaja. Vaasa Kojeistot Oy. Haastattelu

Rantatupa, E. Asentaja. Vaasa Kojeistot Oy. Haastattelu